CONSUMO INTELIGENTE DE ENERGIA X LIXO ELETRÔNICO: O PROJETO MÓDULO CONTROLADOR DE TEMPERATURA PROGRAMÁVEL (MCTP)

Hélcio Oliveira da Silva – helcio.silva@sga.pucminas.br
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas
Av. Dom José Gaspar, 500 – Coração Eucarístico
30535-610 – Belo Horizonte – Minas Gerais
Irlon Silva Santos – irlon.santos@sga.pucminas.br
Ednilson Lira – lirae@hotmail.com
Luiz Henrique – luizhenriquesouza_nep@hotmail.com
Marcelo Eduardo Jesus da Silva – mejsilva@sga.pucminas.br.
Thelma Virgínia Rodrigues – thelma@pucminas.br.

Resumo: *Este artigo apresenta o Módulo Controlador de Temperatura Programável, uma proposta para economizar energia sem a necessidade de troca do aparelho de ar-condicionado (ou aquecedor) que não possuir este recurso. Muitas empresas utilizam equipamentos de refrigeração antigos que ficam ligados durante todo o expediente, porque a substituição de tais equipamentos por modelos mais eficientes pode ter um alto custo. Além disso, essa substituição pode ser prejudicial ao meio ambiente devido ao descarte do modelo antigo, e à consequente criação de lixo eletrônico. O projeto visa o baixo custo e fácil instalação, por ser um equipamento modular, não é necessária nenhuma mudança na estrutura física da rede elétrica ou no equipamento a ser controlado. O software desenvolvido permite a programação de diversos parâmetros no microcontrolador, como tempo de funcionamento, temperatura a ser mantida, entre outros, tais funções se destacam inclusive em relação a equipamentos comerciais, como os encontrados em novos aparelhos de ar condicionado. Este projeto foi desenvolvido pelos alunos do primeiro período do curso Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações da PUC Minas.*

Palavras-chave: *Controlador de Temperatura, Lixo Eletrônico, Economia de Energia, Sustentabilidade.*

1 INTRODUÇÃO

Estamos em um momento em que é imprescindível a preocupação em relação ao consumo de energia, logo, a substituição de equipamentos eletroeletrônicos antigos por modelos novos e mais eficientes tem se tornado comum, mas o descarte do equipamento antigo, na maioria das vezes, não é feito da maneira correta. O descarte inadequado de equipamentos eletroeletrônicos é extremamente danoso ao meio ambiente, e tal prática só tem aumentado nos últimos anos.

A obsolescência de eletroeletrônicos tem ocorrido cada vez mais rapidamente, um equipamento recém adquirido se torna ultrapassado se algum modelo é lançado com novas funções [SLADE, 2006]. Se uma destas significar economia de energia para uma empresa, a substituição de vários equipamentos pode ser necessária, processo que pode ter um alto custo econômico e ambiental, impactos que podem ser irreversíveis. De acordo com os estudos da iniciativa TEEB (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity*) se não adotarmos políticas

de proteção relacionadas ao meio ambiente, em 2050 de toda área natural existente em 2000, somente 11% continuará existindo, 60% dos recifes de coral serão perdidos e 40% de áreas de agricultura com baixo impacto na natureza serão convertidos em áreas de agricultura intensiva [TEEB, 2008].

Com o uso de um sistema modular, uma função extra pode ser adicionada a um equipamento antigo, com custo mínimo e pouca mudança na infraestrutura. O presente trabalho propõe exatamente isso, um sistema microcontrolado com uma interface amigável para controle de equipamentos de ar-condicionado ou aquecedores elétricos, que pode ser instalado apenas conectando o plug de alimentação do equipamento a ser controlado na caixa de chaveamento conectada ao MCTP.

Algumas funções do MCTP não estão presentes em muitos sistemas de controle comercias que vêm embutidos nos aparelhos de ar-condicionado mais modernos, como horário de uso e alarme de temperatura alta. Por ser um sistema microcontrolado, novas funções podem ser acrescentadas sem necessidade de nenhuma alteração no hardware.

2 LIXO ELETRÔNICO

O Brasil é hoje, um dos países em desenvolvimento com maior destaque no cenário mundial, e o campeão em descarte de lixo eletrônico per capta entre os países emergentes, segundo relatório da ONU sobre reciclagem em 2010 [UNEP, 2010].

O descarte inadequado de eletroeletrônicos pode causar a contaminação do solo e lençol freático locais, devido à liberação de metais pesados como chumbo, mercúrio e cádmio, presentes nestes equipamentos [EMPA, 2011]. Aparelhos de ar-condicionado oferecem um risco extra, pois modelos antigos utilizam fréon como gás refrigerante, que é nocivo à camada de ozônio.

Através do uso do MCTP acoplado a um equipamento de ar-condicionado antigo em boas condições de funcionamento, é possível evitar o descarte deste equipamento.

3 HISTÓRICO DE CONSTRUÇÃO

O projeto surgiu da necessidade de um dos integrantes do grupo, de solucionar um problema com o sistema de ar-condicionado em seu local de trabalho. Os equipamentos ficavam constantemente ligados e acabavam por ¨congelar¨, o que forçava o seu desligamento, muitas vezes, em momentos de alta demanda. Modelos mais novos provavelmente não apresentariam este problema, mas possuem um custo elevado, e a troca de todos os aparelhos da empresa não era uma opção. Um sistema eletrônico de controle era uma opção viável, e devido à dificuldade de encontrar tal sistema no mercado, iniciou-se a construção de um protótipo. Após alguns testes bem sucedidos, o projeto foi levado à universidade, passando a ser projetado por um grupo de alunos com incentivo das aulas de Introdução à Engenharia Eletrônica.

Para o desenvolvimento do MCTP, as tarefas foram divididas de acordo com as habilidades e conhecimentos de cada integrante. Realizou-se pesquisas, criação e desenvolvimento do protótipo (incluindo a adição de novas funções e a construção da placa de circuito impresso), montagem da maquete de um simulador de ar condicionado (utilizando um módulo *Peltier*) para a Feira de Integração Curricular (FIC) e, como conclusão, o desenvolvimento de um relatório técnico. Todo o desenvolvimento do trabalho foi acompanhado pelo grupo como um todo, possibilitando aos integrantes a troca de conhecimentos.

A FIC acontece juntamente com o Seminário Integrado do Curso de Engenharia Eletrônica e de Telecomunicação da PUC Minas. O segundo protótipo e o relatório foram apresentados na FIC como Trabalho Interdisciplinar. Durante o seminário foram ministradas

várias palestras e uma mesa redonda, todas voltadas para o tema “Tecnologia e Sustentabilidade ambiental”.

Durante o seminário, uma palestra se destacou perante os alunos do grupo, devido à sua relação com o presente trabalho. O professor Eugênio Batista Leite falou sobre a tendência que equipamentos modernos têm de durarem menos que seus equivalentes mais antigos, devido ao uso de materiais de má qualidade. O professor finalizou lembrando quem serão os reponsáveis pelos equipamentos eletrônicos do futuro (os estudantes de Engenharia presentes na platéia) cabendo a eles a mudança deste cenário de desperdício. Estes alunos, portanto, serão também responsáveis pelos danos ao ambiente que estes equipamentos possam vir a causar.

4 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O sistema é composto por dois módulos, como mostram as figuras 1 e 2 a seguir:

Figura 1 - Módulo de Controle de Temperatura Programável (MCTP).

Figura 2 - Módulo de Alimentação e Chaveamento (MAC).

O MCTP é onde se encontram a placa de circuito do microcontrolador PIC18F4550, o display LCD 16x2, os botões de controle e a conexão para o sensor de temperatura.

No Módulo de Alimentação e Chaveamento (MAC), encontram-se a fonte de alimentação do MCTP, o circuito responsável pelo controle do relé de chaveamento da carga, e o conector de alimentação AC para a carga.

5 SOFTWARE E HARDWARE

Desenvolvido na linguagem C, o software é o principal responsável pela versatilidade do MCTP, uma vez que permite diversos ajustes em uma interface simples e eficiente, tais ajustes podem ser repassados ao usuário através de um pequeno manual de instruções. Através do display LCD, o usuário pode programar diversos parâmetros de operação. Se corretamente ajustado, o MCTP possibilita uma operação autônoma do aparelho controlado, sendo a intervenção humana necessária apenas em situações especiais (período de férias, feriados etc).

O microcontrolador adotado, PIC18F4550, satisfaz as necessidades do projeto, como conversores AD e memória EEPROM, sem ter um custo muito elevado [MICROCHIP, 2009].

Algumas funções de segurança foram adicionadas no software, como o *watchdog* para evitar travamentos, e uma função que impede o rápido chaveamento da saída em casos de oscilações bruscas na temperatura.

As funções de relógio/calendário são executadas pelo circuito integrado DS1307, que se comunica serialmente com o microcontrolador pelo protocolo I2C [MAXIM, 2008].

O sensor de temperatura LM35 vem calibrado de fábrica, dispensando ajustes externos. Sua saída é linearmente proporcional a temperatura em Celsius e lida pelo microcontrolador através de seu conversor analógico-digital [NATIONAL, 2000].

6 OPERAÇÃO E FUNCIONAMENTO

Para a utilização, o MAC deve ser conectado à rede elétrica, e o equipamento a ser controlado deve ser conectado na tomada encontrada na caixa do MAC. No MCTP as quatro chaves *push-button* permitem a navegação pelos menus da interface. Quando em estado de espera, o display exibe os valores da temperatura ambiente medida pelo sensor, o valor de temperatura a ser mantido e o horário (horas e minutos). Todos os parâmetros ajustados são armazenados na memória EEPROM (não volátil) do microcontrolador 18F4550 , e o relógio é automaticamente mantido por uma bateria de lítio CR2032 quando o MCTP estiver sem alimentação [BATES, 2008].

A interface do MCTP permite ajustes de:

- Temperatura a ser mantida;
- Margem de chaveamento: ajuste em quantos graus célsius acima da temperatura a ser mantida a carga deve ser ativada, e em quantos graus abaixo a carga deve ser desativada (para aparelhos de ar-condicionado apenas);
- Tempo de uso durante o dia: ajuste o horário de início e fim para operação da carga;
- Dias de uso durante a semana; especifique se a carga deve permanecer desativada durante o fim de semana, ou em algum outro dia da semana;
- Alarme de temperatura alta: leva ao acionamento de um buzzer caso a temperatura ambiente ultrapasse o valor ajustado na interface (pode ser desabilitado).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O lixo eletrônico é um problema em crescimento, resultado de constantes avanços tecnológicos aliados a práticas de mercado pouco saudáveis. Ao diminuir o custo de operação de equipamentos de ar-condicionado antigos, o projeto apresentado neste artigo torna desnecessária a aquisição de novos modelos e consequentemente evita a criação de lixo eletrônico.

O grupo se beneficiou muito do projeto, desde os integrantes menos experientes, que não apenas aprenderam, mas também passaram a experimentar o entusiasmo inerente ao processo de desenvolvimento, até os mais experientes que enriqueceram seus conhecimentos ao vencer os desafios que apareceram. E isso não seria possível sem a FIC, que proporcionou a oportunidade, e a disciplina Introdução a Engenharia, que mostrou o caminho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[SLADE, 2006] SLADE, Glies. **Technology and Obsolescence in America**: Harvard University Press, 2006. 330 p.

[BATES, 2008] BATES, Martin P. **Programming 8-bit PIC Microcontrollers in C**: Newnes, 2008. 304 p.

[TEEB, 2008] TEEB, **TEEB Report**. Disponível em: <http://www.teebweb.org/LinkClick.aspx?fileticket=u2fMSQoWJf0%3d&tabid=1278&language=en-US> Acesso em: 16 jun. 2011.

[UNEP, 2010] UNEP, **Recycling – From E-waste To Resources**. Disponível em: <http://www.unep.org/PDF/PressReleases/E-Waste_publication_screen_FINALVERSION-sml.pdf> Acesso em: 16 jun. 2011.

[EMPA, 2009] EMPA, **Hazardous Substances in e-Waste**. Disponível em: <http://ewasteguide.info/node/219> Acesso em: 16 jun. 2011.

[MICROCHIP, 2009] MICROCHIP, **PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet**. Disponível em: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf> Acesso em: 16 jun. 2011.

[MAXIM, 2008] MAXIM, **DS1307**. Disponível em: <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS1307.pdf> Acesso em: 16 jun. 2011.

[NATIONAL, 2000] NATIONAL, **LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors**. Disponível em: <http://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf> Acesso em: 16 jun. 2011.

INTELLIGENT ENERGY CONSUMPTION X ELECTRONIC WASTE: THE PROJECT PROGRAMMABLE TEMPERATURE CONTROLLER MODULE (MCTP)

Abstract: *This paper presents the Programmable Temperature Controller Module, a proposal to save energy without the need to change the air-conditioning (or heater) that do not have this feature. Many companies use old refrigeration equipment that are connected throughout the workday, the replacement of such equipment with more efficient models can be expensive,*

besides being harmful to the environment due to disposal of the old model and the consequent creation of e-waste . The project aims at low cost and easy installation, because it is modular, it requires no change in the physical structure of the grid or the equipment to be controlled. The software developed allows you to program various parameters in the microcontroller, such as operating time, temperature to be maintained, among others, those functions stand out including in relation to commercial equipment, such as those found in new air conditioners. This project was developed by students of the first period of the course Electrical Engineering and Telecommunications of PUC Minas.

Keywords: *Temperature Controller, Electronic Waste, Energy Saving, Sustainability.*